中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）37(2)：165～176（1988）

轉作玉米田土壤肥力限制因子研究[1]

李　子　純[2]

摘要　本研究係利用廳屬各農改場設於全省之轉作玉米田適栽標準栽培區進行者，研究期作及地點包括73年秋作共46點，74年春作共32點。進行方法為於各標準栽培區整地施肥前採取其土壤樣本及剖面，前者作各項理化性質分析，後者為瞭解各試區土系及底土性質、排水狀況等。玉米發芽後30—45日採取植株樣本作葉片分析，以明瞭其營養狀況，並利用「診斷推薦綜合系統」（DRIS）方法計算各養分之指數（DRIS indices），尋找限制因子，以與土壤分析資料對照。收獲後記錄其產量，目的為探討本省各地轉作田之土壤肥力限制因子。同時在各標準栽培設無磷區，不施磷肥，以比較磷肥效果，期能獲得轉作田之玉米磷肥診斷標準。所得結果如下：

1.土壤性質與玉米產量的相關分析顯示玉米產量僅與土壤田間容水量成顯著負相關關係。土壤水分影響玉米發芽率及生長，與玉米產量確有最密切的關係。
2.轉作田土壤磷肥需要量無法依土壤有效磷（Bray P 或 Olsen P）含量高低決定。但由各試區內無磷區產量均無超過施磷區者可知磷肥對轉作田的重要。
3.磷肥效果以春作較高。無磷區產量百分率（NK/NPK×100）春作平均為 81.8，秋作為 89.7。其中又以北部及臺東地區磷肥效果最高。
4.土壤分析資料顯示轉作田土壤中，Fe、Mn 及 Mg在土層中均有明顯下移現象，而有效性P、K含量則表土遠高於底土。植物分析資料及由其計算出的DRIS指數更顯示玉米生長前期（發芽後至45日）普遍缺P、Mn及 Mg而以 K含量最高。玉米生長前期，土壤中較高的鉀含量顯然已經抑制玉米對Mg及Mn的吸收。
5.在針對前項限制因子改良的副試驗中，的確證實P及 Mn的重要，而鉀的效果則只在排水較差地區較為明顯。

旱田與水田性質迴異[3,6]，本省農田經長期種植水稻後，轉作玉米，土壤肥力應有需要改進或注意之問題存在，極需探討。又磷肥對旱作的效果遠大於水稻，尤其對新由水田轉作之旱田，其磷肥需要量或更為不同。玉米磷肥需要量之診斷雖已有上年度本所及各改良場合作之三要素肥料需要量試驗[1]，然仍有在較多地點探討之必要。

新興之「診斷推薦綜合系統」（Diagnosis and Recommendation Integrated System or DRIS）[2,9,10] 方法係利用葉片分析診斷作物營養狀況，此法係為克服過去利用「臨界濃度」（Critical concentration）或「適量範圍」（Sufficiency range）診斷時，必須受採樣時間、部位，作物品種及地域等限制之缺點而設計。其方法係依各要素間的平衡關係作成各營養素的指數，此指數有正負及高低，但各指數相加之總和必為零，負數愈大即表示產量受其限制愈大，為極佳之診斷推薦方法。本研究中也將試予採用，與土壤分析資料配合，以探尋本省轉作玉米田的土壤肥力限制因子。

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第 1406 號。本研究承行政院農業發展委員會補助，謹此致謝。
2.本所農業化學系研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3.李研究員子純不幸於77.5.6逝世，本刊深表悼念並緬懷其在土壤肥力試驗研究方面之卓越貢獻。

材料及方法

(一) 試驗期作：73年秋作及74年春作

(二) 實施地點：包括農林廳所屬各改良場設於全省之玉米適栽調查標準栽培區73年秋作共46點。74年春作共32點，各場之點數如下：

	73 年 秋 作	74 年 春 作
臺東場	5	5
花蓮場	5	5
桃園場	7	8
臺中場	10	5
臺南場	12	9
高雄場	7	0
合計	46	32

(三) 試驗處理：各適栽調查標準栽培區之面積均為 500m^2，以其中 100m^2設無磷區，不施磷肥，無重複。

(四) 調查及分析項目：

1. 土壤採樣分析：各試區整地施肥前採取其表土（0-20cm）及底土（20-40cm）樣本（73年秋作僅採表土）作各項理化性質分析，項目包括土壤PH，有機質，CEC，交換性 Ca、Mg、K，有效性 P、K、活性鐵、易還原性錳、質地及田間容水量等。同時採取土壤剖面以明瞭其土系及底土性質、排水情形等。
2. 植物採樣分析：玉米發芽後30—45日採取各試區之玉米植株樣本，分析其全株葉片，吐絲期採取穗葉作葉片分析，以明瞭其營養狀況，分析項目包括 N、P、K、Ca、Mg、Zn、Mn、Cu、Fe等九項。
3. 收穫後記錄其產量。

(五) 統計分析：

1. 玉米產量與土壤理化性質的相關分析。
2. 玉米產量與植物營養要素含量的相關分析。
3. 不同時期玉米葉片養分含量以DRIS方法計算各養分的DRIS指數。

結果及討論

(一) 土壤性質與玉米產量：

本研究中之土壤曾作詳盡之理化性質分析共21項目，並將各項性質分別與玉米產量作迴歸分析。茲將兩作玉米產量與其土壤之重要理化性質之單相關係數列於表 1（其他性質與產量間無顯著相關者未列出）。

由於玉米產量受地區及氣候的影響很大，尤其東、西部無法同時比較，故表 1 中除有全省的資料外，另有分為東、西兩部分者。茲分兩作討論如下：

1.73年秋作：

由表 1 知在73年秋作中全省43觀察區與產量之關係達顯著程度之土壤性質只有田間容水量

表1.玉米產量與土壤性質間的單相關係數

年度	土層	地區	樣本數	PH	O. M.	CEC	Ex. Ca	Ex. Mg	Ex. K	Easi. red. Mn	Free Fe	% Sand	% Clay	% Silt	Field Capacity
	表	全省	43	0.147	−0.173	−0.200	−0.032	−0.092	−0.290	−0.048	−0.67	0.098	−0.002	−0.119	−0.308*
73		東部	10	0.660*	−0.275	−0.115	0.434	−0.103	−0.212	0.304	−0.197	0.131	−0.072	−0.088	−0.102
	土	西部	33	0.038	−0.157	0.227	−0.180	0.133	−0.055	0.001	−0.020	0.089	0.008	0.118	−0.160
	表	全省	29	−0.345	0.363*	0.189	−0.245	−0.142	−0.005	−0.336	−0.081	0.095	0.136	−0.182	0.038
74		東部	10	0.072	−0.074	0.148	0.024	0.341	0.154	0.110	−0.044	−0.024	0.226	−0.117	−0.065
	土	西部	19	0.048	0.550*	0.446	−0.100	−0.038	0.260	−0.309	−0.089	−0.167	0.276	0.093	0.280
	底	全省	28	−0.297	0.098	0.149	−0.316	−0.210	−0.020	−0.291	0.532**	0.164	0.289	−0.406*	−0.141
		東部	9	0.313	−0.166	0.187	0	0.434	−0.392	0.114	0.529	−0.062	0.265	−0.063	0.067
	土	西部	19	−0.14	0.224	0.174	−0.151	−0.098	0.026	0.266	0.578*	−0.07	0.311	−0.140	0.030

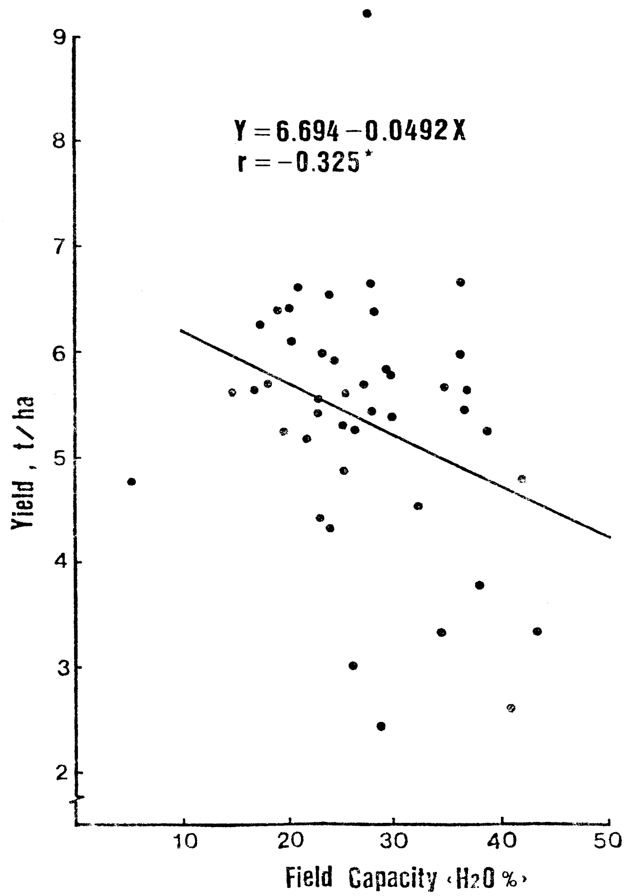

圖1.玉米產量與土壤田間容水量的相關關係

，與其他土壤性質之關係均不顯著。玉米產量與田間容水量呈 5 ％顯著程度的負相關關係（圖 1）。顯示田間容水量高者，也即土壤質地較細者，玉米產量較低。土壤水分影響玉米的發芽率及生長。對玉米產量的影響的確大於土壤其他性質。

如將東、西部分開計算，則東部地區（包括臺東、花蓮）十處之產量僅與土壤性質中之 PH 呈 5 ％顯著之正相關關係（表 1，其關係繪於圖 2。圖中各點之數字代表地點：1 — 5 為臺東；6 —10為花蓮。此圖顯示花蓮地區之玉米產量與土壤PH之關係似更密切。

73年秋作東部地區十標準栽培區之玉米產量及主要土壤性質列於表 2。由此表知十處土壤之 PH在5.0至7.7之間。PH對產量的影響通常係由於 PH與其他土壤性質之關係而起。經迴歸分析結果，PH僅與土壤交換性鈣及有效磷間有顯著的相關關係，單相關係數依次為：r = 0.834**及 −0.743*(Bray P), −0.726*(Olsen P)。

本報告前已述及新由水田轉為旱田之土壤有效磷含量無法以Bray或Olsen法測得之磷表示，則其與玉米產量之關係可不必重視。因此玉米產量即僅與土壤中交換性鈣含量有顯著正相關關係：含鈣高的土壤玉米產量較高。經查玉米與鈣的關係並不顯著（ $r = 0.439^{ns}$ ）。表 2 的資料也顯示在臺東池上與成功兩地含鈣均高，而產量却相差懸殊。此二試區同為有機物、CEC 及交換性鈣高之黑色土，但成功的土壤遠較池上粘重，Clay 含量依次為42％及19％，故成功的玉米產量遠低於池上，足見質地對產量影響之巨，過細的質地不利於玉米生長。

表1顯示西部33標準栽培區的玉米產量與土壤性質間全無顯著相關關係。

2.74年春作：

由表1知74年春作中，與玉米產量關係達顯著平準之表土土壤性質僅土壤有機質含量。在三要素肥料中，玉米需要量最多者仍爲氮肥、故與土壤有機質之正相關關係應可想像。又與底土中活性鐵含量成1%顯著之正相關關係，顯示底土中Free Fe含量高者，玉米產量較高。底土Free Fe含量高多爲表土淋洗較多也即排水較佳者，結果與一期作甚相符合。

表2. 73年秋作東部玉米適栽標準栽培區玉米產量及主要土壤性質

地點		產量 kg/ha	pH	O. M. %	CEC	Ex.			%		Field Cap.
						Ca me/10	Mg	K	Clay	Silt	
臺東	太麻	6,659	7.7	1.3	2.89	21.38	0.63	0.063	15.6	71.1	36.51
	豐谷	5,778	5.7	1.9	6.11	3.50	0.76	0.243	12.6	45.7	29.83
	豐樂	5,664	5.6	1.4	5.38	3.00	0.72	0.166	14.8	57.5	34.59
	池上	5,824	6.4	2.3	22.65	12.00	3.81	0.442	18.8	37.5	29.45
	成功	3,324	5.9	4.7	44.62	18.00	14.72	0.780	41.8	42.5	43.40
花蓮	玉里	3,333	6.0	2.0	4.91	3.38	0.44	0.128	15.2	59.5	34.79
	玉里	4,317	6.9	1.7	28.87	16.00	3.71	0.895	13.2	28.3	24.27
	富源	2,593	5.0	3.8	9.83	3.13	0.41	0.409	16.2	64.1	41.00
	鳳林	2,433	5.4	0.5	3.75	1.75	0.26	0.281	8.0	62.7	28.91
	鳳林	3,000	5.1	1.8	7.92	2.68	0.30	0.148	13.4	50.9	26.43

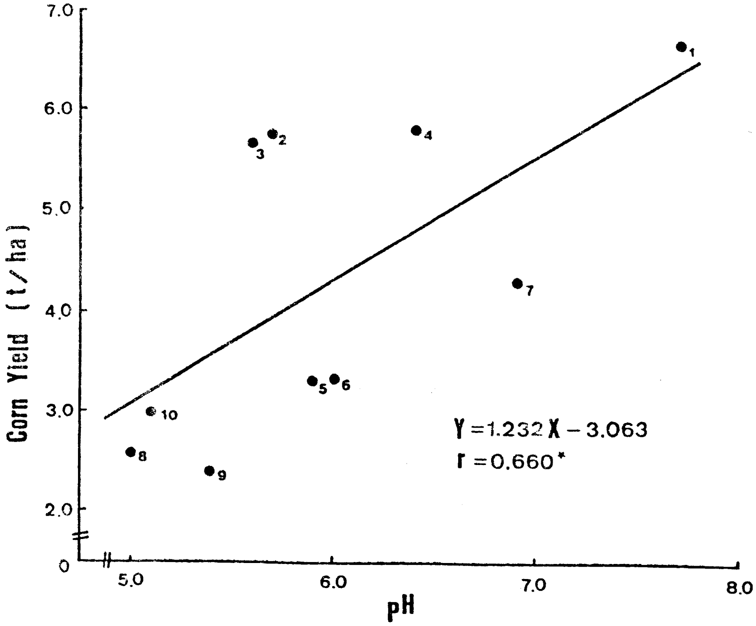

圖2. 東部試區玉米產量與土壤pH的關係（73年秋作）

3.轉作田表、底土養分含量的比較：

轉作田土壤由於過去長期種植水稻，絕大部分土壤中均形成明顯的犂底層，其深度約在15-20cm，厚度約爲3-4cm，兩層中養分含量大不相同。

爲比較各試區中表、底土活性鐵，易還原性錳，及有效磷、鉀含量，將74年春作32試區各項目之含量範圍及其平均值列於表3。此表顯示土壤中 Fe, Mn確有明顯下移現象，而有效磷、鉀含量則反是。此現象應係由於本省土壤長期種植水稻，土壤中 Fe, Mn因浸水還原而淋洗至下層。有效磷、鉀則因過去施肥多在表土，而其在土壤中的移動又較困難，故均以表土明顯高於底土。

但玉米根的伸長雖快，田間觀察發現，大部分玉米根羣密集在表土內，不易穿透犂底層。

表3. 74年春作玉米適栽標準栽培區土壤中活性鐵，易還原性錳及有效磷、鉀在表、底土壤中含量範圍及平均值

項目	活性鐵 Fe (%)		易還原性錳 Mn (ppm)		有效磷 Olsen p (ppm)		有效磷 Bray p (ppm)		有效鉀 Mechlich k (ppm)	
土層 (cm)	0—20	20—40	0—20	20—40	0—20	20—40	2—20	20—40	0—20	20—40
範圍	0.38-1.43	0.52-2.65	3—304	9—440	5—159	3—75	2—46	0.1—31	16—273	17—137
平均	0.78	1.08	58	110	33	11	18	5	83	49

(二) 磷肥效果：

由於試區多，無法將各標準栽培區產量個別列出，故僅將試區依地域分爲五部分，各以其產量之範圍及平均值列於表4.表4中73年秋作僅以36處計算。因部分觀察區未設無磷區；74年僅以27處計算。因該年五月下旬南部地區受强風豪雨侵襲，部分試區玉米倒伏嚴重，產量無法計算。

表4之資料顯示除北部地區兩作產量極爲接近，花蓮地區春作產量較高外，其他地區秋作玉米產量均顯著高於春作。兩作中產量最低者均爲花蓮地區。無磷區產量百分率（NK/NPK ×100%）則秋作平均爲 89.7%；春作爲81%，春作磷肥效果普遍較好，其中又以北部（桃園、新竹）及臺東地區磷肥效果最好。但據本研究中兩作資料之迴歸分析結果，土壤中有效磷含量（Bray P或Olsen P）或葉片中磷含量與無磷區玉米產量百分率均無顯著之相關關係。

圖3爲74年春作各標準栽培區無磷區產量指數與土壤有效磷的相關關係圖（與Olsen P的相關係數 $r=0.2699^{ns}$）。其間的關係雖不顯著，但可看出2試區中，僅一試區（Bray P=12 ppm）無磷區產量爲99%，其他各試區雖有效磷（Bray p）高達45ppm P, 施磷仍可獲5%以上的增產。

由表4知兩作中以74年春作北部地區各試區產量差異最大，無磷區產量範圍在 1.8-6.4t/ha 間，磷肥效果也高，但此七處無磷區產量百分率與土壤有效磷含量間也無顯著之相關關係：其與Bray P的曲線相關係數 $r=0.515^{ns}$ 與 Olsen P則 $r=0.351^{ns}$.

由於Bray及Olsen氏法測得的土壤有效磷均與無磷區產量百分率間無顯著的相關關係，而觀察區中無磷區產量又無超過施磷區者，故本試驗中只能獲知轉作玉米田磷肥的重要性，但無法定出需磷診斷標準。唯由診斷推薦綜合系統方法計算出之各養分 DRIS指數判斷，春作中多數缺磷區之磷肥用量（最高用量 90kg P_2O_5/ha））仍嫌不足。73年度由本所及各區農改場設於全省八地點之玉米三要素需要量試驗中也發現秋作玉米平均需磷量可能略高於100kg P_2O_5/

表4. 各地區無磷區及施磷區兩作玉米產量（kg/ha）及無磷區產量指數

地區	73年秋作 試驗點數	Po 範圍	Po 平均	P 範圍	P 平均	Po/P ×100	74年春作 試驗點數	Po 範圍	Po 平均	P 範圍	P 平均	Po/P ×100
北部	3	3,699	4,505	5,438	5,709	78.9	7	1,761	4,744	3,894	6,092	77.9
		5,064		5,993				6,393		7,831		
中部	10	4,730	5,459	4,867	5,654	96.6	5	3,560	4,184	3,700	4,684	89.3
		6,300		6,650				4,730		5,600		
南部	18	4,145	5,433	3,777	5,564	97.6	6	2,952	3,712	3,280	4,150	89.4
		6,900		6,606				4,766		5,280		
臺東	5	3,020	4,662	3,324	5,450	85.5	5	2,416	3,379	4,109	5,041	67.0
		5,548		6,659				4,618		5,879		
花蓮	5	—	—	2,433	3,135	—	4	2,718	3,301	3,185	3,894	84.4
				4,317				3,669		4,379		
平均			5,015		5,102	89.7			3,864		4,772	81.0

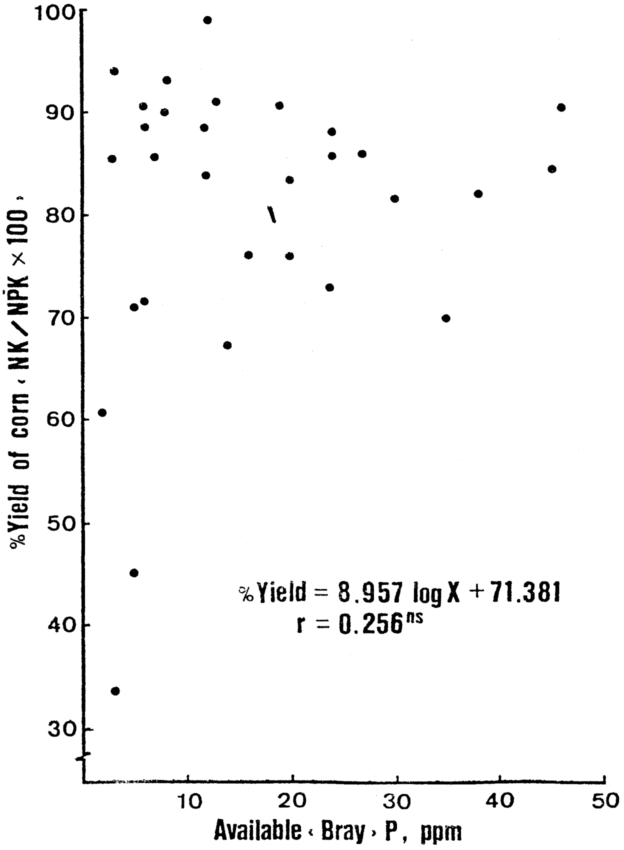

圖3. 土壤有效磷與無磷區玉米產量百分率的關係

ha[1]。

Mikkelsen 等[5]在對水田排水後，種植旱作時所作的磷肥試驗中發現平常估計旱田或水田土壤有效性磷極爲準確的 Olsen 氏法，在估計新由水田轉爲旱田之土壤有效性磷含量時，無法使用，因爲在有效磷遠超過通常旱作物臨界濃度的土壤裡，磷肥仍然有極顯著的增產效果。Willett 等[13,14]發現浸水一放乾的處理會增加土壤對磷的吸著力。彼等[13,14]也指出此種新轉爲旱作土壤的缺磷係由於土壤中磷形態的改變而影響磷對作物的有效性，但此種影響通常在轉爲旱作後的第二或三年即會自然消失。

（三）玉米產量與葉片無機養分含量的關係：

本研究中兩作玉米均於發芽後30至45日採取植株作全株葉片分析。74年春作並於雌穗吐絲期採取穗葉作葉片分析，分析項目包括 N、P、K、Ca、Mg、Zn、Cu、Mn、Fe 等九項。分析結果曾試與產量作迴歸分析，但其間之關係不穩定，顯示葉片養分含量受多種因子影響，與玉米產量間並無顯著相關關係。

（四）玉米葉片養分含量之DRIS指數：

本研究中之玉米葉片養分含量資料曾依診斷推薦綜合系統方法[3,11,12]計算各養分的 DRIS 指數。由兩作生長前期（發芽後30—45日）之分析資料計算出之 DRIS 指數中，發現此時期之 DRIS指數中，最低也即最缺乏的要素多數地區均爲 Mn，其次爲Mg及 P，而指數中最高者，幾乎均爲鉀，顯示玉米葉片中鉀含量與其他要素相較，普遍偏高。茲以東部地區施磷處理爲例，將其葉片分析結果及 DRIS 指數列於表 5，美國對玉米此生長期所訂養分的適量範圍[10]也列於此表，以資參考。

由表 5 比較本省玉米無機養分含量與各要素之適量範圍，以鉀含量超過此範圍者最多，而磷、鈣、及鎂的含量，則均過低，氮則幾均在適量範圍內。在微量要素中，僅 Mn的含量有40 %低於適量範圍，Cu、Zn含量適中，鐵則均偏高。

表5．74年春作東部地區玉米適栽標準栽培區施磷處理30—45天玉米葉片養分含量、適量範圍、及DRIS指數

地 點	Plant composition									DRIS indices							
	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn
	%					ppm											
花蓮鳳林	4.07	0.523	6.20	0.452	0.272	41	15	40	700	39	10	63	− 7	−21	−14	4	−73
花蓮光復	3.84	0.390	6.15	0.468	0.197	65	15	80	1,968	27	− 8	55	− 7	−39	1	1	−29
花蓮富源	4.41	0.364	6.49	0.468	0.238	45	17	73	523	36	−13	60	− 9	−30	−13	4	−34
花蓮玉里	4.08	0.339	5.44	0.468	0.335	45	17	33	725	44	− 8	58	− 3	−10	− 6	11	−86
花蓮富里	3.68	0.355	5.39	0.428	0.210	35	16	23	438	55	3	76	2	−26	−11	18	−117
臺東池上	3.75	0.275	3.98	0.436	0.288	52	15	51	722	35	−15	36	− 4	−13	− 1	6	−43
臺東關山	4.74	0.297	4.12	0.421	0.176	68	17	68	350	49	−16	36	− 8	−42	7	8	−34
臺東鹿野	3.81	0.308	4.22	0.293	0.160	55	15	180	755	34	−12	38	−22	−42	0	4	0
臺東東河	2.86	0.271	4.57	0.245	0.338	42	11	48	530	27	−11	54	−25	− 3	− 4	0	−39
臺東長濱	3.37	0.307	4.52	0.301	0.325	28	13	64	923	32	− 8	48	−18	− 7	−22	2	−28
適量範圍	3.5 −5.0	0.4 −0.8	3.0 −5.0	0.9 −1.6	0.3 −0.8	20 −50	7 −20	50 −160	50 −300								

表5顯示鉀的含量在花蓮地區尤高，在5.39—6.49%之間，73年秋作該地區各栽培區含量也在3.98—6.23%之間，其他各地雖少有超過6%者，但在各要素中，仍屬含量偏高者。

雖然由於施鉀而引起鉀過多或毒害的情形非常少，但在肥力低的土壤中連續施用鉀肥時常有引起次要元素缺乏情形的報告，如若干作物及土壤因鉀過多而引起Mn的缺乏，Zn及Fe的吸收也受阻(9a)。

鉀過多也常引起其他要素吸收的障礙，其中最顯著的例子為Mg，曾在很多土壤及作物中發現(4)。

本試驗中東部兩作適栽栽培區土壤之K/Mg比與玉米葉片Mg含量(30—45日)間即有5%顯著程度的負相關關係如圖4此圖顯示當土壤K/Mg比大於0.46時，玉米葉片Mg含量即均在0.24%以下。

表5的DRIS指數中顯示東部十處標準栽培區中有七處以Mn的指數最低，也即此七處最缺乏的要素可能是Mn，在全省其他栽培區中，情形也與此相似。按玉米對錳的需要量較低(2)，雖其生長初期需Mn較多，但需要量隨玉米成長而漸減(7)，故美國種植玉米甚少有缺Mn的情形發生(2)。本省農田土壤由於陽離子交換能量原即較低，更經長年種植水稻，表土中的Mn因還原及淋洗而移至底層，且前曾述及表土含鉀量高，玉米生長前期含鉀量特高，更可能影響Mn吸收，故玉米前期對Mn的缺乏極有可能，其中又以pH較高之土壤為然。

但玉米雌穗吐絲期之穗葉養分分析及DRIS指數則顯示此時期之營養狀況與初期不同，此時鉀含量已不再偏高，而P及Mn的缺乏也恢復正常。

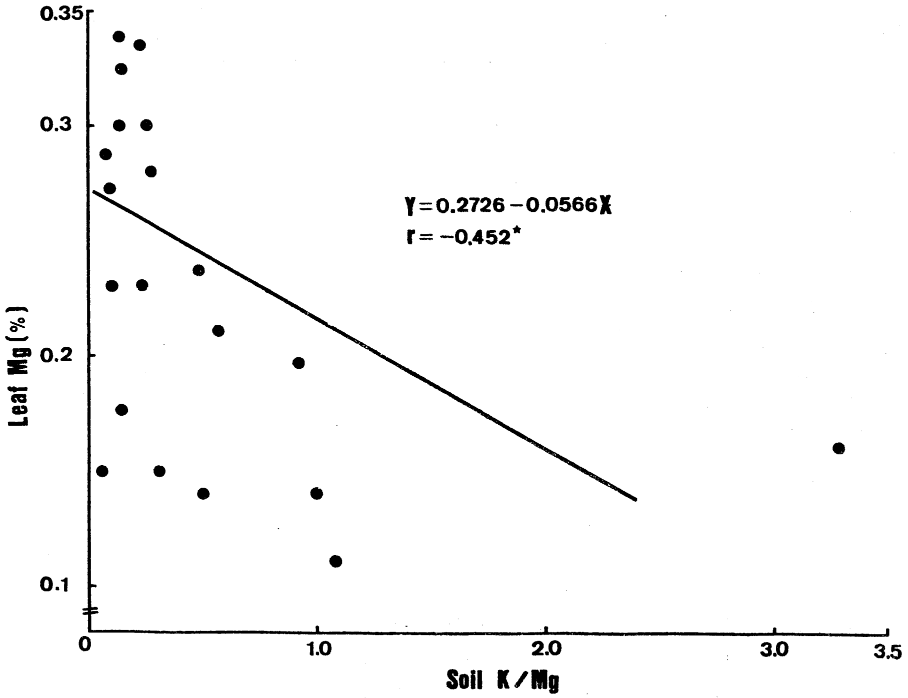

圖4. 東部地區土壤K Mg比與玉米葉片Mg含量的關係

副 試 驗

稻田轉作玉米土壤肥力限制因子改良試驗

本研究為係於75年春作分別在臺東關山及彰化二林、芳苑等三處同時進行，目的為探討 Mn、Mg、P及K的施用對玉米產量的影響，由農試所及臺東改良場合作進行。

三試區土壤分屬强酸性及石灰質土壤，表土有效磷含量在8至 27ppm P之間，質地分屬壤土及坋質壤土，交換性鎂含量在0.25至3.21me/100g soil之間，DTPA抽取性Mn在4至10ppm間，有效鉀含量在12至58ppm K之間。

試驗共分五處理（依次為 NPK、−P、−K、+Mn+MnMg），五重複，田間排列依拉丁方設計，小區面積38.5m²。

所得結果如下：

1. 各處理中，以磷肥效果最大，三試區施磷（100kg P_3O_5/ha）增產率在4—26%之間，平均增產11%。
2. 錳效果居次，錳係以硫酸錳（20kg MnO/ha）與三要素基肥同時施於播種溝側，其增產率在6—14%之間，平均為9%。
3. 鉀肥（80kg K_2O/ha）效果在0—8%之間，平均為4%，鉀肥效果之高低與土壤有效性或交換性鉀含量之高低無關，僅在排水情況較差之試區效果較佳。
4. 施Mg可減低玉米對Mn的吸收，當施Mn處理再加施Mg肥時（80kg MgO/ha），三試區玉米產量均隨之降低。顯示在此等轉作田中，玉米對錳的需求較Mg更重要。

參 考 文 獻

1. 連深等・1985・稻田轉作玉米之施肥效應及營養因素探討（一）三要素需要量及矽酸爐渣和堆肥之效應 農林廳73年度土壤肥料試驗示範報告
2. Aldrich, S. R., and E. R. Leng. 1972. Modern corn production.
3. Beaufils, E. R. 1973. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). Soil Sci. Bull. 1. University of Natal, Peitermaritzburg, South Africa.
4. Boynton, D., and A. B. Burrell. 1944. Potassium induced magnesium deficiency in the McIntosh apple tree. Soil Sci. 58 : 441-454.
5. Brandon, D. M., and D. S. Mikkelsen. 1979. Phosphorus transformations in alternately flooded California soils: I. Cause of plant phosphorus deficiency in rice rotation crops and correctional methods. SSSA J. 43 : 898-994.
6. Foth, H. D., 1984. Foundamentals of Soil Science. 7th ed., John Wiley & Sons.
7. Gorsline, G. W., D. E. Baker and W. I. Thomas. 1965. Accumulation of eleven elements by field corn (Zea mays L.) Penn. State Univ. Exp. Sta. Bull. 725, 30 p.
8. IRRI. 1978. Soils and rice. The International Rice Research Inst., Los Banos, Laguna, Philippines.
9. Mortvedt, J. J., P. M. Giordano, W. L. Lindsay. 1972. Micronutrients in Agriculture. Proceedings of a symposium held at Muscle Shoals, Alaabam, April 20-22, 1971. Soil Sci. Soc. of America, Inc.

9a. Reuther, W., and P. F. Smith. 1954. Leaf analysis of citrus. Chap. 7 : 257-294. in 'Mineral nutrition of fruit crops'. N. F. Childers, Ed. Somerset Press, Somerville, New Jersey.

10. Schulte, E. E., K. A. Kelling. 1984. Plant analysis: Uses and Limitations, in 'Proceedings of the 1984 Fertilizer, Aglime & Pest Management Conference'. Vol. 23, University of Wiscon-

sin, Madison, Wis., U. S. A.

11. Sumner, M. E. 1976. Use of the DRIS System in foliar diagnosing field problems at high levels. Am. Soc. Agron., Huston, Texas, Nov. 30, 1976.
12. Sumner, M. E. 1977b. Effect of corn laef sampled on N, P, K, Ca and Mg content and calculated DRIS indices. Commum. Soil Sci. Plant Anal. 8 : 269-280.
13. Willett, I. R., and M. L. Higgins. 1978. Phosphate sorption by reduced and reoxidized rice soils. Aust. J. Soil Res., 16 : 319-326.
14. Willett, I. R. 1979. The effects of flooding for rice culture on soil chemical properties and subsequent maize growth. Plant and Soil 52 : 373-383.

Study on Fertility Constraints of the Paddies Converted for Corn Production

Lee Tze-Shun

Summary

This study was carried out on all the standardized corn cultivation plots laid out islandwide for corn adaptation on the converted paddies. Fourty-six plots in the autumn crop, 1984, and thirty-two plots in the spring crop, 1985 were included in this study.

Surface and sub-soil samples were collected from each of these plots be-fore land preparation and fertilization, physical and chemical properties were analyzed. Plant samples were taken twice: once for whole corn plants 30 to 45 days after emergence, and once for ear leaf at the silking stage. Nutrient concentration were determined and DRIS indices calculated for each element. To evaluate P response and P diagnostic criteria, 100m^2 within each of the 500m^2 plots applied no phosphorus. Yields were recorded after harvesting.

The results are summarized below.

1. Among all the soil properties, only the water holding capacity was significantly negative correlated with corn yield. Soil moisture is really the most important factor that effects the emergence and growth of corn.
2. Neither Bray nor Olsen's method can effectively extract the amount of phosphate that is available for the plants grown in the converted paddies. The fact that corn yield was always higher in the plots with P than those without it proves the necessity of P fertilization in those soils.
3. Yield response to phosphate was higher in the spring than autumn crop. The percentage yield without P (NK/NPK×100) were 81.0 and 89.7 respectively, and the best response was found in Northern Taiwan and Taitung area.

4. Soil analysis results shown that free Fe, easily reducible Mn and exchangeable Mg were obviously lower in the surface than sub-soil, while available P, K concentration were in the opposite way. Plant analysis data and the DRIS indices calculated from it indicated that there are widespread deficiencies of Mn, Mg, P and an excess of K among all these converted paddies in the early growth period (45 days after emergence) of corn,
5. In a subsiduary experiment carried out in 1986 in three field trials including both eastern and western Taiwan, phosphorus and manganese proved to be both beneficiary and potassium response was found only in the ill-drainage area.

1. Contribution No. 1406 from Taiwan Agricultural Research Institute (TARI).
2. Senior Soil Scientist, Department of Agricultural Chemistry, TARI, Wu-feng, Taichung, Taiwan 41301, R. O. C.